

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 100 36 287.7

**Anmeldetag:** 26. Juli 2000

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung  
von Radbremsen

**IPC:** B 60 T 13/74

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 30. Mai 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hilbinger

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

19.07.00 Bee/Pv

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung von Radbremsen

Stand der Technik

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung von Radbremsen.

20

Moderne Bremssysteme sind Brake-by-Wire-Systeme mit elektrohydraulischer, elektropneumatischer und/oder elektromotorischer Betätigung der einzelnen Radbremsen. Ein Beispiel für ein derartiges Bremssystem ist in der

25

DE-A 198 07 366 dargestellt. Diese beschreibt ein elektrohydraulisches Bremssystem, welches im Normalbetrieb als Fremdkraftbremsanlage arbeitet, im Notbetrieb jedoch eine Rückfallebene als Muskelkrafthilfsbremsanlage aufweist. Zur Realisierung sind zwischen dem Hauptbremszylinder und den Radbremszylindern von wenigstens zwei Rädern stromlos geöffnete Trennventile vorgesehen, welche im Normalbetrieb bestromt und somit geschlossen sind, im Notbetrieb geöffnet sind, um den Fahrer einen hydraulischen Durchgriff vom Bremspedal zu den Radbremszylindern freizugeben.

30

35

Der verwendete elektrohydraulische Bremsaktor weist eine Hochdruckhydraulikpumpe und einen Hochdruckhydraulikspeicher auf. Über Bremsdruckaufbauventile kann der von der Hydraulikpumpe erzeugte und ggf. gespeicherte Druck in den oder

die Radbremszylinder eingespeist werden. Über ein mit einem Vorratsbehälter verbundenes Auslassventil pro Radbremse wird der aufgebaute Radbremsdruck abgebaut. Die Betätigung der Ventile ist abhängig von dem Ausmaß der Betätigung des

5      Bremspedals durch den Fahrer. Bei Auftreten eines Fehlers im System wird das Trennventil geöffnet und dem Fahrer ein Durchgriff über den Hauptbremszylinder auf die Radbremse auf hydraulischem Wege erlaubt.

10      Da die vorgesehene Rückfallebene z.B. hinsichtlich der Leitungslänge, der Überprüfung ihrer Verfügbarkeit, etc. erheblichen zusätzlichen Aufwand bedeutet, ist man bestrebt, Lösungen zu entwickeln, mit deren Hilfe auf eine solche hydraulische Rückfallebene vollständig verzichtet werden kann.

15      Ein Beispiel für eine derartige Lösung zeigt die DE-A 195 48 207 (US-Patent 5 934 767). Diese bekannte Lösung ohne hydraulische oder mechanische Rückfallebene ist jedoch nicht vollständig zweikreisig ausgelegt, so dass die gesetzlichen Anforderungen an eine Fahrzeugbremsanlage nicht erfüllt sein

20      dürften.

Elektrisch gesteuerte Bremssysteme sind nicht nur bezüglich des Aktuators, sondern auch hinsichtlich der Steuerstruktur mit Blick auf die notwendige Betriebssicherheit aufwendige Gebilde. Ein Beispiel hierfür ist in der DE-A 196 34 567 (US-Patent 5 952 799) dargestellt, bei welchem einer Radgruppe mit einem elektrisch betätigbaren Aktuator ein Steuermodul zugeordnet ist, welches die Radbremsbetätigung durchführt, und welches über ein Kommunikationssystem mit

25      anderen Steuermodulen zur Aufbereitung und/oder Modifikation des Fahrerbremswunsches verbunden ist. Die DE-A 198 26 131 zeigt in diesem Zusammenhang verschiedene Ansätze für den Aufbau derartiger Steuermodule, welche auch im Fehlerfall einen gegebenenfalls eingeschränkten Betrieb des Steuer-

30      moduls erlauben.

duls und somit die Betätigung des Aktuators ohne zusätzliche Rückfallebene erlauben (fail operational).

5 Bei elektrohydraulischen Bremsanlagen sind verschiedene Vorgehensweise zur Erkennung von Fehlern in den Komponenten des hydraulischen Aktuators, z.B. in den Ventilanordnungen oder der Druckversorgung, bekannt, die auch im Rahmen der nachfolgend beschriebenen Ausführungen eingesetzt werden. Beispiele hierfür sind in der DE-A 198 07 366, der DE-A  
10 198 07 367 und/oder DE-A 198 07 368 der im Detail beschrieben.

#### Vorteile der Erfindung

15 Die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise führt zu einer wesentlich erhöhten Verfügbarkeit wenigstens eines Bremskreises einer Fahrzeugbremsanlage und erfüllt dabei die gesetzlich geforderte Zweikreisigkeit sowohl auf hydraulischer als auch auf elektrischer Ebene.

20 Besonders vorteilhaft ist, dass auf eine hydraulische Rückfallebene verzichtet und der Hauptbremszylinder eingespart werden kann. Damit ergibt sich eine Erhöhung der Crashsicherheit durch geringere Pedalintrusion bei einem Frontaufprall des Fahrzeugs sowie eine erhöhte Flexibilität beim Fahrzeugdesign.  
25

Besonders vorteilhaft ist die Aufteilung in einen Vorderachsbremskreis und einem Hinterachsbremskreis, wobei die Aktuatoren mit erhöhter Verfügbarkeit wenigstens einem dieser  
30 Bremskreise, insbesondere dem Vorderachsbremskreis, als Stelleinrichtung zugeordnet sind.

Vorteilhaft ist, dass die erhöhte Verfügbarkeit durch entsprechende Gestaltung der Aktuatoren und ihrer Energiever-  
35

sorgung erreicht wird, wobei eine Redundanz im Bereich der Druckversorgung und/oder wenigstens in Teilen der Ventilanordnung auch bei Ausfall der Hydraulik und/oder Elektrik die Durchführung zumindest einiger Bremsvorgänge erlaubt.

5

Vorteilhaft ist ferner, dass die Bremskreisaufteilung sowohl hinsichtlich der Hydraulik als auch hinsichtlich der Elektrik vorgenommen wird, wobei in vorteilhafter Weise insbesondere der Vorderachsbremskreis eine höhere Verfügbarkeit aufweist.

10

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen bzw. aus den abhängigen Patentansprüchen.

15

#### Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Die Figuren 1 und 2 zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel der elektrischen und elektronischen Systemanordnung sowie eines dazugehörigen Aktuators. In den Figuren 3 bis 5 ist ein zweites, in den Figuren 6 bis 10 ein drittes derartiges Ausführungsbeispiel dargestellt. In den Figuren 11 bis 12 sind Flussdiagramme gezeigt, welche auf der Basis zweier dieser Ausführungsbeispiele eine Vorgehensweise im Notfall beschreiben.

20

25

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

30

Figur 1 zeigt ein die Vorderachsbremsen eines Fahrzeugs steuerndes Steuermodul VA, welches wenigstens ein nicht dargestelltes Rechnerelement enthält. Das Steuermodul, insbesondere der Rechner wird von einem ersten elektrischen Energiekreis El mit Strom versorgt. Dem Steuermodul VA ist ein

35

Aktuator 10 zugeordnet, welcher den Bremsdruck in den Vorderradbremse steuert. Ferner ist ein Steuermodul HA für die Hinterradbremse vorgesehen, ebenfalls ausgestattet mit wenigstens einem Rechnelement, welchem ein Aktuator 12 zugeordnet ist, der den Bremsdruck in den Hinterradbremse steuert. Das Steuermodul HA wird von einem zweiten elektrischen Energiekreis E2 versorgt, der vom ersten elektrischen Energiekreis unabhängig ist. Bordnetze, die über solche voneinander unabhängige Energiekreise verfügen, sind dem Fachmann bekannt. Z.B. ist jedem Energiekreis ein Energiespeicher zugeordnet, die von einem gemeinsamem Generator gespeist wird. Die Energiespeicher und die davon abgehenden Energieversorgungskreise sind jedoch voneinander unabhängig. Zwischen den beiden Steuermodulen ist ein Kommunikationssystem K vorhanden, über das die Steuermodule untereinander und gegebenenfalls mit nicht dargestellten weiteren Steuereinheiten, beispielsweise zentralen Steuereinheiten, Daten austauschen.

Das Steuermodul VA empfängt vom Aktuator 10, dort von den Messeinrichtungen 10a, 10b und 10c Signale, welche den Radbremsdruck im linken Vorderrad PRVL, im rechten Vorderrad PRVR, sowie den Druck im Hochdruckspeicher PHSVA des Vorderachsaktors repräsentieren. Entsprechendes gilt für das Steuermodul HA, das die entsprechenden Größen des Aktors 12 empfängt (vergleiche Messeinrichtungen 12a bis 12c). Über Ausgangsleitungen betätigt das Steuermodul VA die Hydraulikpumpe HP zum Laden des Hydraulikspeichers des Vorderachsbremsmoduls sowie die Ein- und Auslassventile der rechten und der linken Vorderradbremse (EVVL, EVVR, AVVL, AVVR). Entsprechend steuert das Steuermodul HA die Hydraulikpumpe HP des Hinterachsaktors 12 sowie die Ein- und Auslassventile der Hinterradbremse EVHL, EVHR, AVHL und AVHR. Wesentlich hierbei ist, dass der Aktuator 10 im Rahmen des ersten elektrischen Energiekreises, der Aktuator 12 im Rahmen des zweiten elektrischen Energiekreises betätigt wird.

Die Funktionsweise der Steuermodule ist aus dem eingangs genannten Stand der Technik bekannt. Sie wird daher im Folgenden nur grob dargestellt. Über das Kommunikationssystem K  
5 (in einem alternativen Ausführungsbeispiel über separate Leitungsverbindungen) empfängt jedes Steuermodul die für die Achse und/oder für die jeweilig zugeordneten Radbremsen vorgesehenen Sollbremswerte (Bremsmoment, Bremskraft, Bremsdruck, Schlupf, etc.). Nach Maßgabe eines für jede Rad-  
10 bremsse oder Achse vorgesehenen Regelkreises wird in Abhängigkeit der Abweichung zwischen Soll- und einer dem Sollwert entsprechenden, gemessenen, geschätzten oder berechneten Istgröße Ansteuersignale für die Ventile ausgegeben, wobei bei Betätigen des Einlassventils der Bremsdruck in der Rad-  
15 bremsse ansteigt, bei Betätigen des Auslassventils absinkt. Ferner ist vorgesehen, in Abhängigkeit des ermittelten Speicherdrucks die Hochdruckpumpe anzusteuern, um den Hydraulikspeicher zu laden. Die Pumpe wird dabei vorzugsweise dann angesteuert, wenn der Speicherdruck einen vorgegebenen  
20 Grenzwert unterschreitet. Die Druckmittelversorgung erfolgt dann vom Speicher aus. Alternativ oder ergänzend wird die Pumpe betätigt, wenn ein Bremsvorgang mit Druckaufbau vorliegt. Die Pumpenbetätigung erfolgt dann z.B. in Abhängigkeit der Bremspedalbetätigung. Diese Funktionsweise ergibt  
25 sich in gleicher Weise für das Steuermodul VA als auch für das Steuermodul HA.

Die hydraulische Anordnung wenigstens eines der in Figur 1 dargestellten Aktuatoren ist am Beispiel des Aktuators 10 in  
30 Figur 2 dargestellt. Dieser hydraulische Bremsaktor steuert den Bremsdruck in den Radbremsen des rechten Vorderrades VR und des linken Vorderrades VL. Der Aktuator 10 und damit der Bremskreis der Vorderachsbremsen ist völlig unabhängig von dem Bremskreis und dem Aktuator 12 an der Hinterachse.  
35 Es besteht keine hydraulische Verbindung der Bremskreise und

die Aktuatoren werden von zwei unabhängigen elektrischen Energiekreisen mit elektrischer Leistung versorgt. Bei einem Einfachfehler im Bremssystem, beispielsweise bei Ausfall eines elektrischen Energiekreises, bei einer defekten Hochdruckpumpe oder bei einer Leckage im Hydraulikkreis, ist so-

5 mit immer nur die Funktion von einem der beiden Bremskreise betroffen.

In dieser einfachsten Version des Aktuators 10 (der Aktuator 12 hat einen identischen Aufbau) fördert die Hydraulikpumpe HP aus einem Vorratsbehälter 100 über ein Rückschlagventil RV Druckmittel in den Hydraulikspeicher HS bzw. die Bremsleitung 102. Durch den Sensor PHSVA wird der Druck im Hydraulikspeicher bzw. in der Bremsleitung im Bereich des

10 Speichers erfasst. Die Bremsleitung 102 führt über die beiden elektrisch betätigbaren Einlassventile EVVR und EVVL für die beiden Radbremsen zu den entsprechenden Radbremszylindern. Zwischen Radbremszylinder und Einlassventil zweigt von der Radbremsleitung jeweils die Rücklaufleitung ab, die jeweils über ein Auslassventil AVVR, AVVL zum Vorratsbehälter 100 zurückführt. Der Druck in der Radbremsleitung wird als Radbremsdruck durch die Messeinrichtungen PRVR und PRVL erfasst. In einem Ausführungsbeispiel ist ein elektrisch betätigbares Balanceventil BV (in Figur 1 nicht dargestellt)

15 vorgesehen, über welches der Bremsdruck in den beiden Radbremsleitungen ausgeglichen werden kann.

20

25

Zum Druckaufbau in einer Radbremse wird das im nicht be-

30 stromten Zustand offene zugeordnete Auslassventil durch entsprechende Ansteuerung geschlossen, das stromlos geschlossene Einlassventil geöffnet. Soll Druck gehalten werden, wird das Einlassventil geschlossen, zum Druckabbau das Auslassventil geöffnet. Die Ansteuerung wird durch entsprechende Programme in den Steuermodulen bzw. den übergeordneten Steuereinheiten wie bekannt berechnet.

35



Ein zweites Ausführungsbeispiel ist in Figur 3 dargestellt. Dieses unterscheidet sich von dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiels hinsichtlich der Ausgestaltung des Ak-  
tuators der Vorderachse sowie der Zuordnung von Ventil-  
steuerungen zu den Steuermodulen. Der Funktionsumfang der  
Steuermodule VA und HA sowie der Hinterachsaktuator ent-  
spricht der vorstehend anhand Figur 1 und 2 geschilderten  
Ausführung. Zusätzlich zu dem in Figur 1 dargestellten Ak-  
tuator verfügt der Aktuator 20 für die Vorderachse über ein  
Trennventil TVPS, über parallel zu den Einlassventilen ge-  
schaltete redundante Einlassventile EV2VL, EV2VR sowie über  
Auslassventile, die elektrisch redundant betätigbar sind.  
Das mit dem ersten Energiekreis verbundene Steuermodul VA  
betätigt gemäß der Ausführung der Figur 3 die Einlassventile  
EVVL und EVVR der Radbremsen der Vorderachse sowie die ent-  
sprechenden Auslassventile AVVL, AVVR. Dem Steuermodul HA  
sind die redundanten Einlassventile EV2VL und EV2VR des Vor-  
derachsaktuator 20 zugeordnet. Ferner kann das Steuermodul  
HA über den elektrisch redundanten Weg die Auslassventile  
AVVL, AVVR der Vorderachsbremsen betätigen. Da das Steuer-  
modul HA an den zweiten Energiekreis angeschlossen ist, ergibt  
sich bezüglich der Vorderachse sowohl eine hydraulische als  
auch eine elektrische Redundanz. Bei Ausfall des ersten  
Energiekreises ist es weiterhin möglich, Druck (aus dem  
Druckspeicher) in den Vorderachsbremsen aufzubauen, wobei  
die Drucksteuerung über die redundanten Einlassventile und  
die redundante Ansteuerung der Auslassventile aus dem Steu-  
ermodul HA stattfindet.

Figur 4 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform des Aktuator 20. Auch hier ist ein Vorratsbehälter 200 vorgesehen, aus welchem die Hydraulikpumpe HP Druckmittel über ein Rückschlagventil RV fördert. Die Pumpe baut in der Bremsleitung 202 Druck auf. Die Bremsleitung 202 führt über die im strom-

losen Zustand geschlossenen Einlassventile EVVR bzw. EVVL zu den Radbremsen des rechten bzw. linken Vorderrades. Im Bereich dieser Vorderradbremse wird der Bremsdruck PRVR bzw. PRVL erfasst. Das Trennventil TVPS trennt die Bremsleitung 202 von einem redundanten Zweig 204. Es ist stromlos geschlossen. Der zweite Zweig besteht aus einem Hydraulikdruckspeicher HS, dem Sensor PHSVA für den Druck im Hydraulikspeicher und zwei redundante, hydraulisch zu den vorherig beschriebenen Einlassventilen parallel geschalteten Einlassventilen EV2VR und EV2VL. Diese sind ebenfalls stromlos geschlossen. Während die erstgenannten Einlassventile sowie das Trennventil vom Steuermodul VA bedient werden, somit aus dem ersten Energiekreis gesteuert werden, werden die redundanten Einlassventile vom Steuermodul HA und somit aus dem zweiten Energiekreis E2 versorgt. Beide Zweige werden in je einer Radbremsleitung für jede Radbremse zusammengeführt. Von diesen Radbremsleitungen zweigen Rücklaufleitungen ab, die über die stromlos offenen Auslassventile AVVR und AVVL zum Vorratsbehälter 200 zurückführen. Die Auslassventile sind dabei einerseits aus dem ersten Energiekreis E1, andererseits aus dem zweiten Energiekreis E2 betätigbar. Dies wird erreicht z.B. durch zwei unabhängige Ventilwicklungen oder durch entkoppelte redundante Steuerleitungen.

Der in Figur 4 dargestellte Aktuator weist eine erhöhte Verfügbarkeit auf. Er wird vorzugsweise nur an der Vorderachse des Bremssystems eingesetzt. Im fehlerfreien Betriebszustand ist das stromlos geschlossene Ventil TVPS offen, d. h. bestromt. Bei Bremsbetätigung wird über die Einlassventile EVVR und EVVL Druck aus dem Hochdruckhydraulikspeicher HS in die Radbremskreise eingespeist. Durch Betätigen der Auslassventile aus dem Steuermodul VA wird der Druck gehalten bzw. abgebaut. Die Hydraulikpumpe HP wird wie vorstehend beschrieben beim Bremsvorgang und/oder bei Absinken des Speicherdrucks zum erneuten Druckaufbau betätigt. Sie lädt durch

das offene Trennventil den Speicher. Bei einem Fehler, z. B. einer Leckage im Speicherkreis zwischen Trennventil, Hydraulikspeicher und redundanten Einlassventilen (vgl. Bremsleitung 204) wird das Trennventil geschlossen. Die Leckage wird z.B. anhand des Radbremsdruck- und/oder Speicherdruckverhaltens erkannt. Der für eine Bremsung benötigte Druck kann dann nicht mehr aus dem Speicher entnommen werden, sondern muss bei Bremsanforderung durch die Pumpe erzeugt werden. Dies hat gegenüber dem Normalbetrieb eine Verringerung der Bremsdruckaufbaudynamik und den Verlust der zeitlichen Entkopplung zwischen Druckerzeugung und Radbremsregelung zur Folge, beeinträchtigt aber die sonstigen Eigenschaften der Bremsanlage wie radindividuelle Bremskraftmodulation und maximal erreichbares Druckniveau nicht.

Bei einem Ausfall des ersten elektrischen Energiekreises E1 wird das Trennventil ebenfalls mangels Ansteuerung geschlossen. In diesem Fall wird mit der im Druckspeicher HS gespeicherten hydraulischen Energie noch gebremst, da die Auslassventile und die redundanten Einlassventile aus dem zweiten Energiekreis angesteuert werden. Dadurch ergibt sich eine erhöhte Verfügbarkeit der Vorderachsradbremse, da der Aktuator und die elektrische Ansteuerung sicherstellen, dass sowohl bei Ausfall der elektrischen Energie als auch bei Leckage in einem Teil der Bremsanlage das Fahrzeug bremsbar bleibt.

Eine Alternative zu der in Figur 3 dargestellten Struktur ist in Figur 3a dargestellt. Es werden dabei die Aktuatoren verwendet, die anhand der Figuren 3 und 4 dargestellt sind. Unterschiedlich ist die Ausstattung der Steuermodule. Das Steuermodul VA wird in der Ausführung der Figur 3a von beiden Energiekreisen E1 und E2 versorgt und beispielsweise mit Hilfe der bekannten Vorgehensweise aus dem eingangs genannten Stand der Technik derart ausgestattet, dass im Fehler-

fall des Steuermoduls und/oder eines Energiekreises die Funktion zumindest teilweise aufrechterhalten bleibt (fail operational), zumindest weiterhin eine Ansteuerung der Ventile gewährleistet ist. Insofern werden in diesem Ausführungsbeispiel die redundanten Einlassventile sowie die redundante elektrische Betätigung der Auslassventile über den zweiten Energiekreis E2 bewerkstelligt, während die anderen Ventile bzw. der andere Betätigungsweg aus dem Energiekreis E1 betätigt werden. Im Fehlerfall des ersten Energiekreises und/oder eines Teils des Hydraulikkreises und/oder des Steuermoduls schaltet das Steuermodul VA auf die redundante Ventilbetätigung aus dem zweiten Energiekreis um.

In beiden Ausführungsbeispielen ist der zweite Energiekreis und die daraus angesteuerten Komponenten des Vorderachsbremskreises zur Vorderachsbremsfunktion nicht notwendig. Sie stellen vielmehr eine Rückfallebene dar, die abhängig von den erkannten Fehlern im System aktiviert wird (vergleiche auch Figuren 11 und 12).

Eine alternative Ausgestaltung des Aktuators 20 ist in Figur 5 dargestellt. Anstelle von getrennten Ein- und Auslassventilen werden im Ausführungsbeispiel der Figur 5 Dreistellungsventile VVR und VVL für jede Radbremse eingesetzt, welche im stromlosen Zustand eine Rücklaufleitung von der Radbremse zu einem Vorratsbehälter 200 offen halten. Je nach Ansteuerung wird das Ventil zum Druckaufbau entweder mit einer ersten Bremsleitung 202 oder mit einer zweiten Bremsleitung 204 verbunden, wobei die Ansteuerung in die erstgenannte Stellung aus dem Energiekreis E1, die Ansteuerung in die zweitgenannte Stellung aus dem zweiten Energiekreis E2 erfolgt. Damit wird auch durch diese Lösung eine Redundanz erreicht, welche im Fehlerfall eine Rückfallebene darstellt und die Bremsung des Fahrzeugs auch im Fehlerfall gewährleistet. Die Zuordnung der Ansteuerwege zu den Steuermodulen VA

oder HA erfolgt je nach Ausführung des Steuermoduls VA nach den in Figur 3 oder 3a dargestellten Prinzipien. Ein Überlastventil ÜV führt von der Ausgangsseite der Pumpe in den Vorratsbehälter 200 und entlastet die Bremsleitung 202 insbesondere bei aktiver Pumpe und geschlossenem Trennventil.

Die Figuren 6 bis 9 stellen ein weiteres Ausführungsbeispiel dar. Dabei wird die erhöhte Verfügbarkeit der Vorderachsbremsfunktion nicht durch eine teilweise Redundanz des Vorderachsbremsaktuators erreicht, sondern durch einen um wenigstens ein Einlass- und ein Auslassventil erweiterten Hinterachsbremsaktor, der über wenigstens einen Medientrennkolben eine hydraulische Verbindung zum Vorderachsbremskreis aufweist.

Das Ausführungsbeispiel der Figur 6 zeigt einen Vorderachsbremsaktor 30, der einfache Einlassventile und Auslassventile mit redundanter Ansteuerungsmöglichkeit aufweist, wobei im Ausführungsbeispiel der Figur 6 das Steuermodul VA als fail operational entsprechend Figur 3a ausgeführt ist. Das Steuermodul VA betätigt über den ersten Energiekreis die Einlassventile und ggf das Balanceventil BV sowie über einen ersten Ansteuerweg die Auslassventile, während es redundant aus dem zweiten Energiekreis die Auslassventile an den Vorderradbremse über den zweiten Ansteuerweg betätigt. Der Aktuator 32 der Hinterachse umfasst zusätzlich zu den Elementen der Figuren 1 und 2 weitere Ein- und Auslassventile EVBVA und AVBVA. Ein zusätzlicher Drucksensor PBVA misst den Druck in der den Bremsdruck an den Vorderachsbremsen beeinflussenden Bremsleitung im Hinterachsaktor. Das Steuermodul HA betätigt neben den Ein- und Auslassventilen der Hinterradbremse auch dieses zusätzliche Einlass- bzw. Auslassventil und empfängt das Signal PBVA des Drucksensors in der Bremsleitung.

Entsprechendes gilt für die Ausführung der Figur 7, wobei hier das Steuermodul VA lediglich mit dem ersten Energiekreis El verbunden ist. Analog zu Figur 3 wird also hier die redundante Ansteuerung der Auslassventile des Vorderachsaktuator aus dem zweiten Energiekreis durch das Steuermodul HA bereitgestellt.

In den Figuren 8 und 9 sind zwei Ausführungsbeispiele der Aktuatoren 30 und 32 dargestellt. Der Aufbau des Aktuators 30 entspricht dabei dem Aufbau des Aktuators 10 mit Ausnahme der Auslassventile, die den Ventilen des Aktuators 20 entsprechen. Der Hinterachsaktuator, der ebenfalls dem Aktuator 10 entspricht, ist um die Ventile AVBVA und EVBVA, sowie den Drucksensor PBVA und die Medientrennkolben 300 und 302 erweitert. Die Bremsleitung 304 des Aktuators 32 wird vom Hydraulikspeicher bzw. der Pumpe auf die Einlassventile der Hinterachsradbremsen sowie auf das zusätzliche Einlassventil EVBVA geführt. Dieses ist stromlos geschlossen und beaufschlagt im geöffneten Zustand Medientrennkolben 300 und 302 mit dem Druck in der Bremsleitung 304. Der Druck im Bereich der die Medientrennkolben mit Druck beaufschlagenden Leitungen wird vom Drucksensor PBVA gemessen. Die Medientrennkolben übertragen den Eingangsdruck auf Bremsleitungen 306 bzw. 308, die zu den Radbremsen des rechten bzw. des linken Vorderrads führen. Entsprechend zweigt von der Bremsleitung zwischen Medientrennkolben und zusätzlichem Einlassventil eine Rücklaufleitung ab, die über ein zusätzliches Auslassventil AVBVA, welches in stromlosen Zustand geöffnet ist, in die Rücklaufleitung des Hinterachsmodulators und somit in den Vorratsbehälter mündet. Somit wird bei der Ausführung der Figur 8 als Rückfallebene bei Ausfall des Vorderachs-bremsaktuator oder seines Energiekreises El eine Betätigung der Vorderradbremse über ein dem Hinterachsaktuator zugeordnetes zusätzliches Einlassventil ermöglicht. Die Betätigung erfolgt dabei in Abhängigkeit des Vorgabesignals unter

Berücksichtigung des Istdrucksignals PBVA unter entsprechender Betätigung von Ein- und Auslassventil. Die Betätigung der zusätzlichen Ventile durch das Steuermodul HA erfolgt bei Vorliegen einer Fehlerinformation im Steuermodul, welche  
5 über das Kommunikationssystem K vom Steuermodul VA übertragen wurde. Eine Redundanz ist somit bereitgestellt, wobei radindividuelle Steuerungen der Vorderachsbremsen infolge des nur einmal vorhandenen Einlassventils ausgeschlossen sind. Alternativ wird in einem weiteren Ausführungsbeispiel  
10 die aus dem zweiten Ausführungsbeispiel dargestellten redundanten Einlassventile dem Hinterachsaktuator zugeordnet, so dass in diesem Fall eine radindividuelle Steuerung der Vorderradbremsen ermöglicht ist.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Aktuatoren ist in Figur 15 9 dargestellt. Der Vorderachsaktuator 30 entspricht dem in Figur 8 dargestellten, während der Hinterachsaktuator 32 nur über einen Medientrenner 300 und eine hydraulische Verbindungsleitung 301 zur Bremsleitung einer Vorderradbremse verfügt. Um ein beidseitiges Bremsen an der Vorderachse auch im Fehlerfall zu gewährleisten, ist ein Balanceventil BV vorgesehen, welches den Druck in den beiden Vorderradbremsen ausgleicht. Im Fehlerfall, beispielsweise bei Ausfall der Elektronik, wird dieses Balanceventil stromlos geschaltet, so  
20 dass die Bremsleitungen der beiden Vorderradbremsen verbunden sind. Über die zusätzliche hydraulische Verbindung 306 ist es daher möglich, abhängig von der Bremspedalbetätigung über den Hinterachsbremsenaktuator die Vorderradbremsen zu betätigen. Radindividuelle Eingriffe sind bei dieser Art des  
25 Notfahrbetriebs nicht möglich.

Eine weitere Variante der Aktuatoren ist in Figur 10 dargestellt. Diese Variante ist für eine diagonale Bremskreisaufteilung geeignet. Der erste Aktuator 40, dessen Ventile von  
35 einem ersten Steuermodul aus dem ersten Energiekreis betä-

tigt werden, steuert dabei eine Vorderradbremse und die diagonal dazu zugeordnete Hinterradbremse, während der Aktuator 42, dessen Ventile von einem zweiten Steuermodul aus dem zweiten Energiekreis E2 betätigt werden, die entgegengesetzte Diagonale bedient. Der Aktuator 40 umfasst die Zusatzventile EVBVR und AVBVR sowie den Medientrenner 400, während der Aktuator 42 die Zusatzventile EVBVL und AVBVL sowie den Medientrenner 402 enthält. Ebenfalls vorhanden sind Drucksensoren 404 (Aktuator 40) bzw. 406 (Aktuator 42), die den Druck in der Bremsleitung zwischen den Zusatzventilen des jeweiligen Aktuators und dem jeweiligen Medientrenner erfassen. Dieser Druck wird Bremskreisdruck PBK2 bzw. PBK1 genannt. Von den Medientrennern 400 bzw. 402 führen Hydraulikleitungen 408 bzw. 410 zu den jeweiligen Vorderradbremseleitungen des anderen Bremskreises. Im Fehlerfall, wenn beispielsweise ein Aktuator oder ein elektrischer Energiekreis ausfällt, wird die diesem Energiekreis bzw. Aktuator zugeordnete Vorderradbremse nach Maßgabe der Ventilbetätigungen der Zusatzventile des anderen Aktuators in Abhängigkeit vom vorgegebenen Sollruck und dem von den Sensoren 404 bzw. 406 erfassten Bremskreisdruck gesteuert. Ein Notlauf mit gegebenenfalls radindividueller Steuerung der Vorderradbremsen ist daher möglich. Somit wird auch durch entsprechende Ausgestaltung der Aktuatoren bei einer diagonalen Bremskreisaufteilung bei einem Einfachfehler im System die Bremsfunktion an beiden Rädern der Vorderachse aufrechterhalten. Bei Fehler in einem Bremskreis wird also mit Hilfe des Hydraulikaktuators des zweiten Bremskreises beide Räder der Vorderachse und ein Rad an der Hinterachse gebremst. Bei der Aufteilung der Aktuatoren nach Figur 10 werden alle Komponenten des Aktuators 40 vom ersten, alle Komponenten des Aktuators 42 vom zweiten Energiekreis versorgt.

Zur Einleitung des Notlaufbetriebs und zur entsprechenden Steuerung der Aktuatoren sind Programme vorgesehen, die in



den Steuermodulen, dort in dem wenigstens einen Rechnelement der Steuermodule ablaufen. Die Ermittlung von Fehlergrößen erfolgt dabei in einem Ausführungsbeispiel entsprechend den aus dem Stand der Technik bekannten Vorgehensweisen.

Figur 11 zeigt ein Flussdiagramm, welches ein Ausführungsbeispiel eines solchen Programms im Rahmen des Ausführungsbeispiels ist, welches in den Figuren 6 bis 9 dargestellt ist. Das Flussdiagramm stellt dabei ein Programm dar, welches in der Rechneinheit des Steuermoduls HA abläuft. Das dargestellte Programm wird eingeleitet, wenn über das Kommunikationssystem K dem Steuermodul HA ein Fehler im Vorderachsbremsaktuator angegeben wird. Die Ausgabe von Ansteuersignalen durch das Steuermodul VA wird bei nicht „fail operational“ Ausgestaltung im Falle von Fehlern im Pumpen- oder Speicherkreis oder Energiekreis unterbrochen. Die Erkennung von Fehlern im hydraulischen und/oder elektrischen Kreis wird in bevorzugten Ausführungsbeispielen nach Methoden ermittelt, die aus dem Stand der Technik bekannt sind. Wird dem Steuermodul HA also ein Fehler im Bereich des Vorderachsbremskreises übermittelt, so wird im ersten Schritt 500 der Fahrer informiert und/oder gewarnt, beispielsweise optisch (Warnlampe), akustisch, etc. Danach wird im Schritt 502 anhand der übermittelten Fehlerinformation abgefragt, ob ein Fehler im Pumpen- oder Speicherkreis des Vorderachsbremsaktuators vorliegt. Ist dies der Fall, wird gemäß Schritt 504 ein Ansteuersignal vom Steuermodul HA ausgegeben, durch welches über die Auslassventile des Vorderachsaktuators Druck an den Vorderachsradbremse abgebaut wird. Dies erfolgt im Ausführungsbeispiel der Figur 7 durch entsprechende Ansteuerung der Auslassventile AVVR und AVVL über den redundanten Ansteuerpfad. Im Ausführungsbeispiel nach Figur 6 wird dieser Schritt vom Vorderachssteuermodul VA selbst vorgenommen. Die Auslassventile des Vorderachsaktuators werden

dann geschlossen gehalten. Danach veranlasst im Schritt 506 das Steuermodul HA eine modifizierte Ansteuerung der Hydraulikpumpe HP. Da diese neben dem Hinterachsbremskreis zusätzlich zumindest zum Teil auch den Vorderachsbremskreis mit  
5 Hydraulikflüssigkeit und Bremsdruck zu versorgen hat, wird z.B. die Drehzahl der Hinterachsmodulhydraulikpumpe oder der von ihr erzeugte maximale Druck verstärkt. Danach wird im Schritt 508 wie oben beschrieben die Bremsregelung an der Vorderachse über die zusätzlichen Einlass- und Auslassventile  
10 EVBVA und AVBVA durchgeführt. Danach wird das Programm beendet, wobei die Schritte 504 bis 508 wiederholt werden, solange das Fahrzeug in Betrieb ist.

Wurde im Schritt 502 erkannt, dass kein Fehler im Pumpen- oder Speicherkreis vorliegt, so wird im Schritt 510 überprüft, ob der Fehler in der Ansteuerung der Auslassventile oder im elektrischen Energiekreis, insbesondere ein Ausfall der Energie E1, vorliegt. Ist dies nicht der Fall, wird kein Notbetrieb eingeleitet (Steuermodul VA steuert weiterhin die  
15 Vorderachsbremsen) und das Programm mit Schritt 502 wiederholt. Hat Schritt 510 ergeben, dass ein solcher Fehler vorliegt, so werden im Schritt 512 die Auslassventile an der Vorderachse zum Druckabbau bestromt und danach die Ansteuerung der Auslassventile abgeschaltet. Im den darauffolgenden  
20 Schritten 514 und 516 wird die Pumpenansteuerung im Hinterachsaktuator und die Radbremsregelung der Vorderachse über den Hinterachsaktuator entsprechend den Schritten 506 und 508 modifiziert.

Figur 12 zeigt ein Ausführungsbeispiel für den Notlaufbetrieb bei einer Ausführung des Steuersystems nach einem der Ausführungsbeispiele der Figuren 3 bis 5. Das in Figur 12 dargestellte Programm läuft dabei im Steuermodul VA des Vorderachsbremskreises ab. Auch hier wird das Programm bei einem Fehler im Vorderachsbremsaktuator eingeleitet, was an-  
30  
35

hand entsprechender gesetzter Marken ermittelt wird. Danach wird im Schritt 600 wie vorstehend erwähnt der Fahrer informiert bzw. gewarnt. Im darauffolgenden Schritt 602 wird  
5 überprüft, ob ein Fehler im Speicherkreis des Vorderachs-  
bremskreises aufgetreten ist, beispielsweise eine Leckage, ein Ausfall der Pumpe, etc. Ist dies der Fall, wird das Trennventil TVPS im Schritt 604 geschlossen und danach gegebenenfalls im Schritt 606 die Ansteuerung der Hydraulikpumpe  
10 modifiziert, insbesondere wird die Pumpe jedesmal dann aktiviert, wenn ein Bremsvorgang vorliegt und erst bei dessen Beendigung wieder abgeschaltet, da die Versorgung mit Druckmittel aus dem Hydraulikspeicher HS entfällt. Danach wird das Programm beendet und mit Schritt 604 wiederholt.

15 Hat Schritt 602 ergeben, dass kein Fehler im Speicherkreis vorliegt, wird im Schritt 608 überprüft, ob ein Fehler im Pumpenkreis, beispielsweise ein Ausfall der Pumpe, oder ein Ausfall der Energie E1 vorliegt. Ist das nicht der Fall, wird das Programm mit Schritt 602 wiederholt und kein Not-  
20 laufbetrieb eingeleitet, sondern das System im Rahmen des Normalbetriebs weitergeführt. Ist dies der Fall, wird im Schritt 610 das Trennventil geschlossen und im Schritt 612 die Bremsdruckversorgung allein aus dem Hydraulikspeicher vorgenommen. Die Radbremsregelung erfolgt dann über die Zusatzventile EV2VR bzw. EV2VL und die redundante Ansteuerung der Auslassventile AVVR und AVVL mit der Energie des zweiten  
25 Energiekreises E2, sei es aus dem Steuermodul HA oder bei „fail operational“ Ausgestaltung durch das Steuermodul VA. Daraufhin wird im Schritt 614 eine zusätzliche Warnung mittels einer Warnlampe und/oder einer Fehlermeldung an den  
30 Fahrer ausgegeben und in einem Ausführungsbeispiel einen Eingriff in das Motor- und/oder Getriebemanagement vorgenommen in dem Sinne, dass die Geschwindigkeit des Fahrzeugs begrenzt ist. Danach wird das Programm beendet und erneut  
35 durchlaufen.

5 19.07.00 Bee/Pv

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Ansprüche

10

15

20

1. Verfahren zur Steuerung von Radbremsen in einem elektrischen Bremssystem eines Kraftfahrzeugs, wobei Ansteuersignale für Ventilanordnungen zur Steuerung des Bremsdrucks in einer ersten Gruppen von Radbremsen aus einem ersten Energiekreis, einer zweiten Gruppen von Radbremsen aus einem zweiten, vom ersten unabhängigen Energiekreis gebildet werden, wobei ein Fehler im Bereich der Ventilanordnungen, der Druckversorgung und/oder der Elektrik des Bremssystems ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Fehlerfall, von dem die aus dem ersten Energiekreis versorgten Radbremsen betroffen sind, Ansteuersignale für die Ventilanordnung gebildet werden, wobei die Energie zur Ansteuerung dieser Ventilanordnung aus dem zweiten Energiekreis stammt.

25

30

2. Verfahren zur Steuerung von Radbremsen in einem elektrischen Bremssystem eines Kraftfahrzeugs, wobei Ansteuersignale für Ventilanordnungen zur Steuerung des Bremsdrucks in einer Radbremse aus einem ersten Energiekreis gebildet werden, wobei Bremsdruck durch einen Speicher und/oder eine Pumpe bereitgestellt wird, wobei ein Fehler im Bereich der Ventilanordnungen, der Druckversorgung und/oder der Elektrik des Bremssystems ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Fehler im Speicherkreis oder im Pumpenkreis oder im Energiekreis an einem Bremsaktor einer Vorderrad-

bremse ein Ventil angesteuert wird, welches Pumpenkreis und Speicherkreis voneinander abtrennt.

5 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Fehler Ansteuersignale erzeugt werden, welche zusätzliche Ventilanordnungen und/oder vorhandene Ventilanordnungen über eine redundante elektrische Ansteuerung auf der Basis der Energie des zweiten Energiekreises betätigen.

10 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Fehlerzustand der Bremse die Geschwindigkeit des Fahrzeugs begrenzt ist.

15 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Fehlerzustand im Bereich eines Vorderachsbremsaktuators eine Bremsdruckregelung in den Vorderradbremzen nach Maßgabe von Ansteuersignalen erfolgt, die aus einem den Hinterachsbremsen zugeordneten Steuermodul erzeugt werden.

20

2 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Fehlerfall Ansteuersignale des Steuermoduls der Hinterachsbremsen erzeugt werden, welche zusätzliche Ventilanordnungen betätigen, über die der Bremsdruck in den Vorderradbremzen eingestellt wird.

30 7. Computerprogramm, welches bei Ausführen in einer Rechereinheit einer Steuereinheit wenigstens eines der Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6 ausführt.

35 8. Vorrichtung zur Steuerung von Radbremsen in einem elektrischen Bremssystem eines Kraftfahrzeugs, mit wenigstens einem Steuermodul, welchem Ventilanordnungen zur Steuerung des Radbremsdrucks in einzelnen Radbremsen zugeordnet sind

und welches Ausgangssignale aus einem ersten Energiekreis erzeugt, mit denen diese Ventilanordnungen betätigt werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuermodul Mittel aufweist, welche im Fehlerfall zusätzliche Ansteuersignale erzeugen, die aus einem zweiten unabhängigen Energiekreis gebildet werden.

9. Vorrichtung zur Steuerung von Radbremsen an einem elektrischen Bremssystem eines Kraftfahrzeugs, wobei eine achsweise Bremskreis aufteilung vorgesehen ist und ein Bremsaktuator an der Vorderachsbremse eingesetzt ist, der aus einem ersten Energiekreis ansteuert wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremsaktuator redundante Ventile und/oder redundante elektrische Ansteuerungen für zumindest einen Teil der Ventilanordnungen umfaßt, die aus einem zweiten, vom ersten Energiekreis unabhängigen Energiekreis ansteuerbar sind.

19.07.00 Bee/Pv

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung von Radbremsen

Zusammenfassung

15

Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung von Radbremsen vorgeschlagen. Zur Verbesserung der Verfügbarkeit und zur Erfüllung gesetzlicher Anforderungen an ein elektrisches Bremssystem wird im Fehlerfall eine aus einem zweiten, vom ersten unabhängigen Energiekreis abgeleitete Ansteuerung der Ventile bereitgestellt, durch die der Bremsdruck in der wenigstens einen Radbremse auch im Fehlerfall eingestellt werden kann.

20

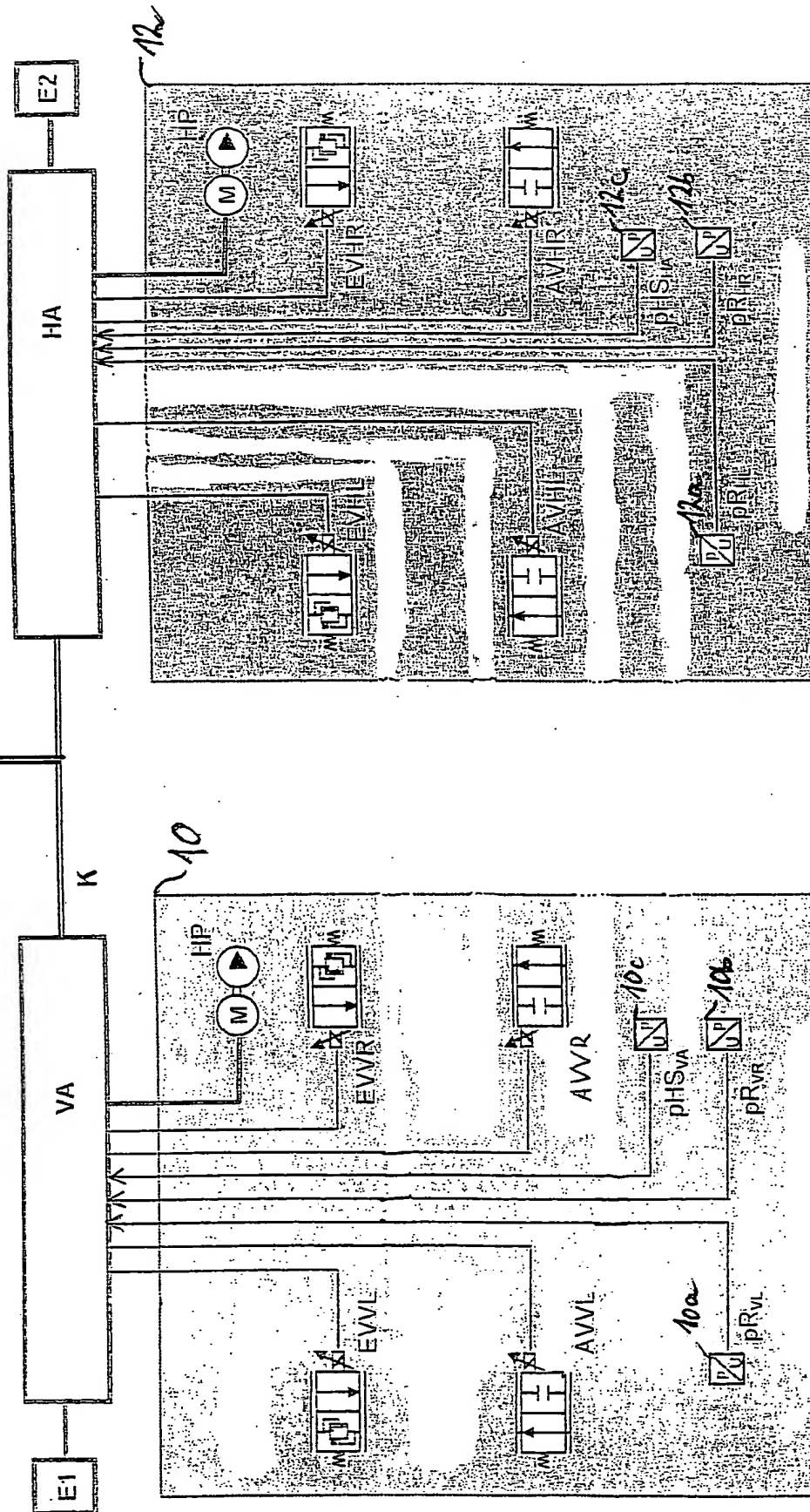


Fig. 1



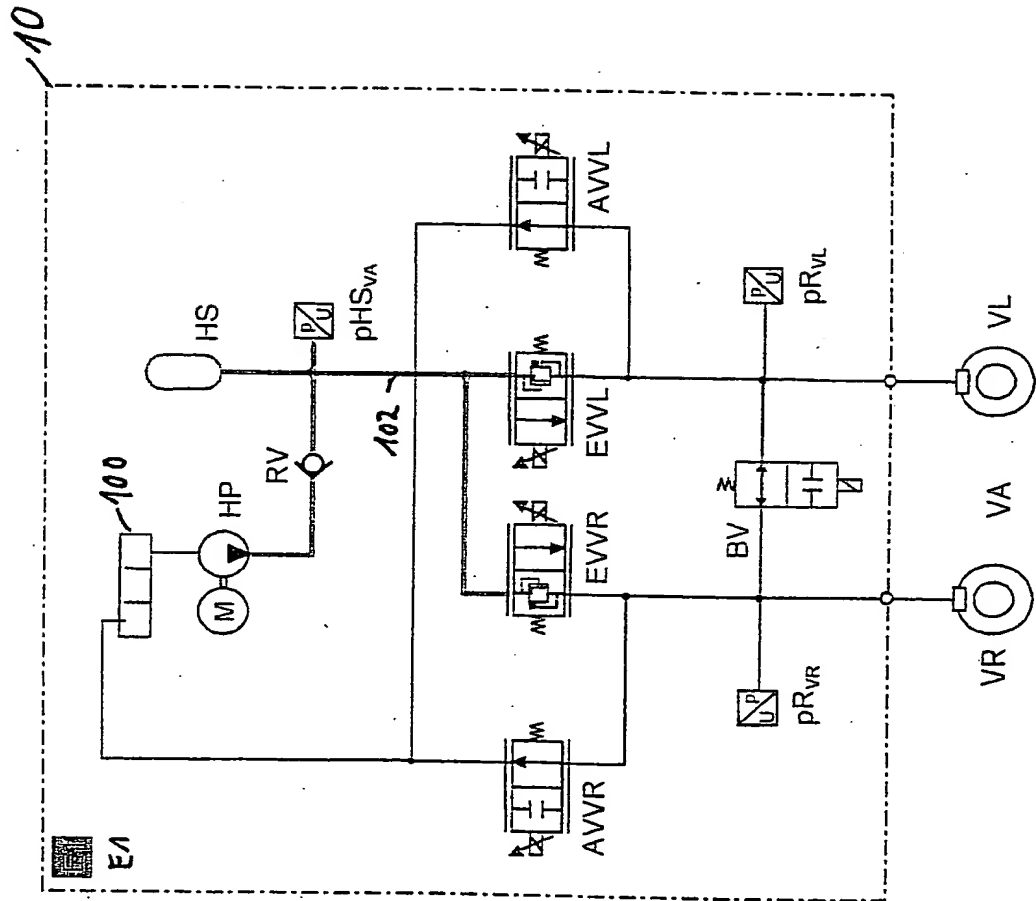


Fig. 2



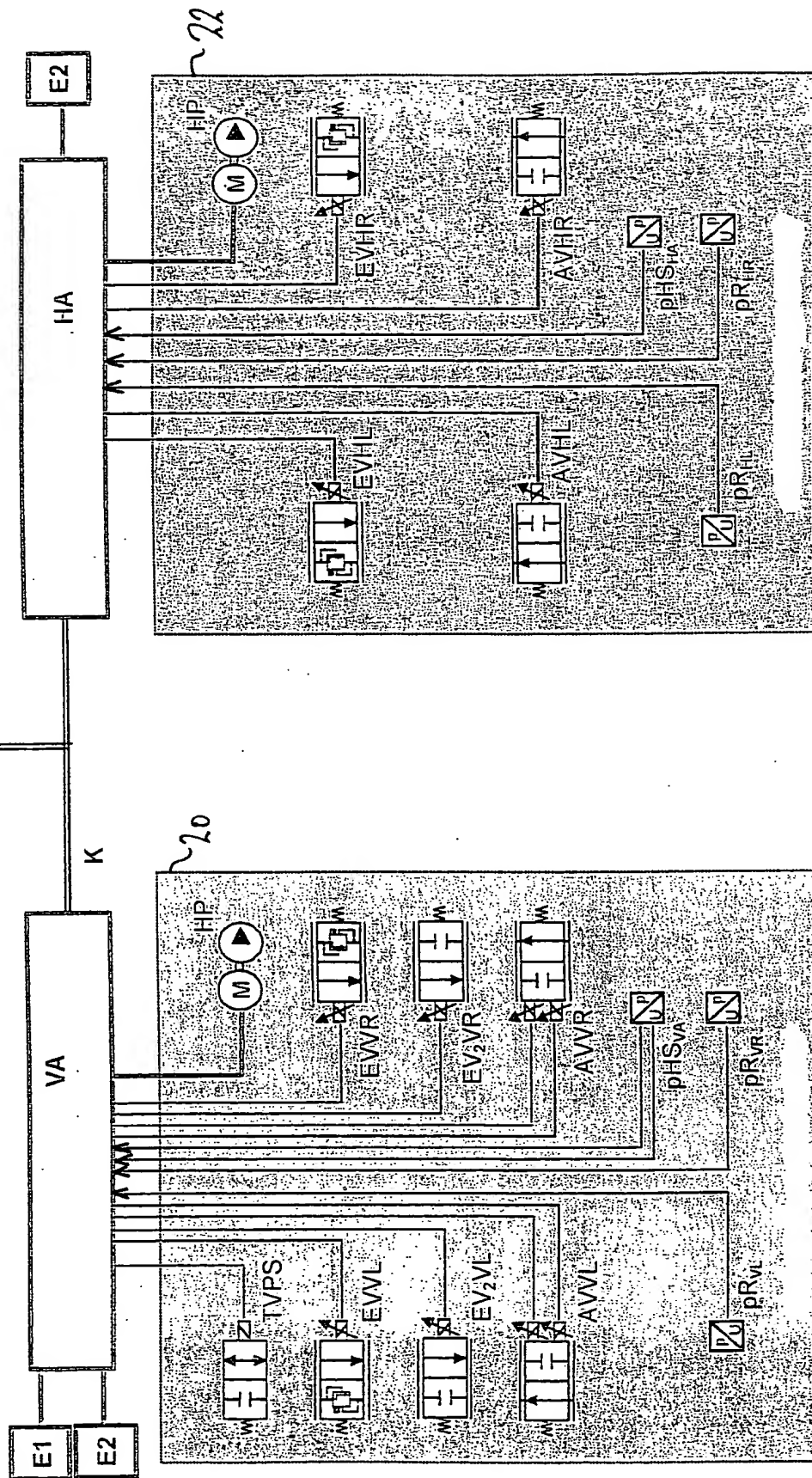
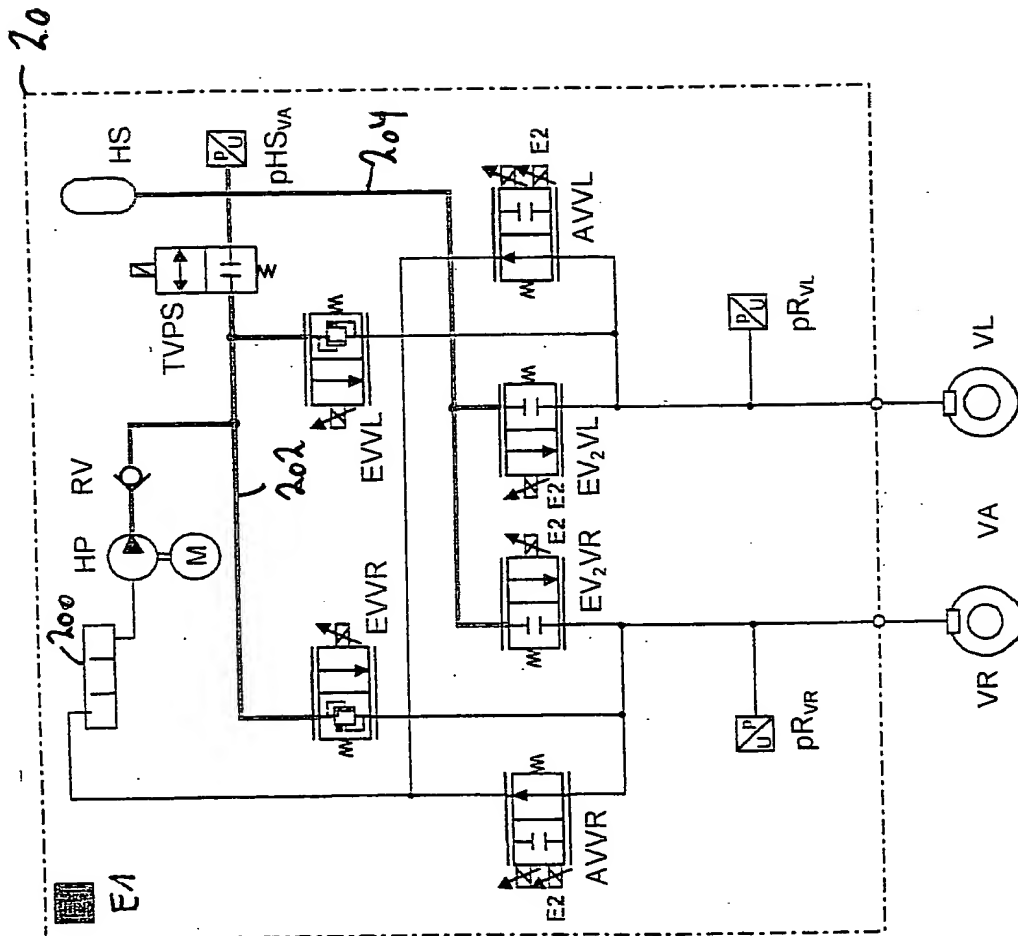


Fig. 3a

4. वि.





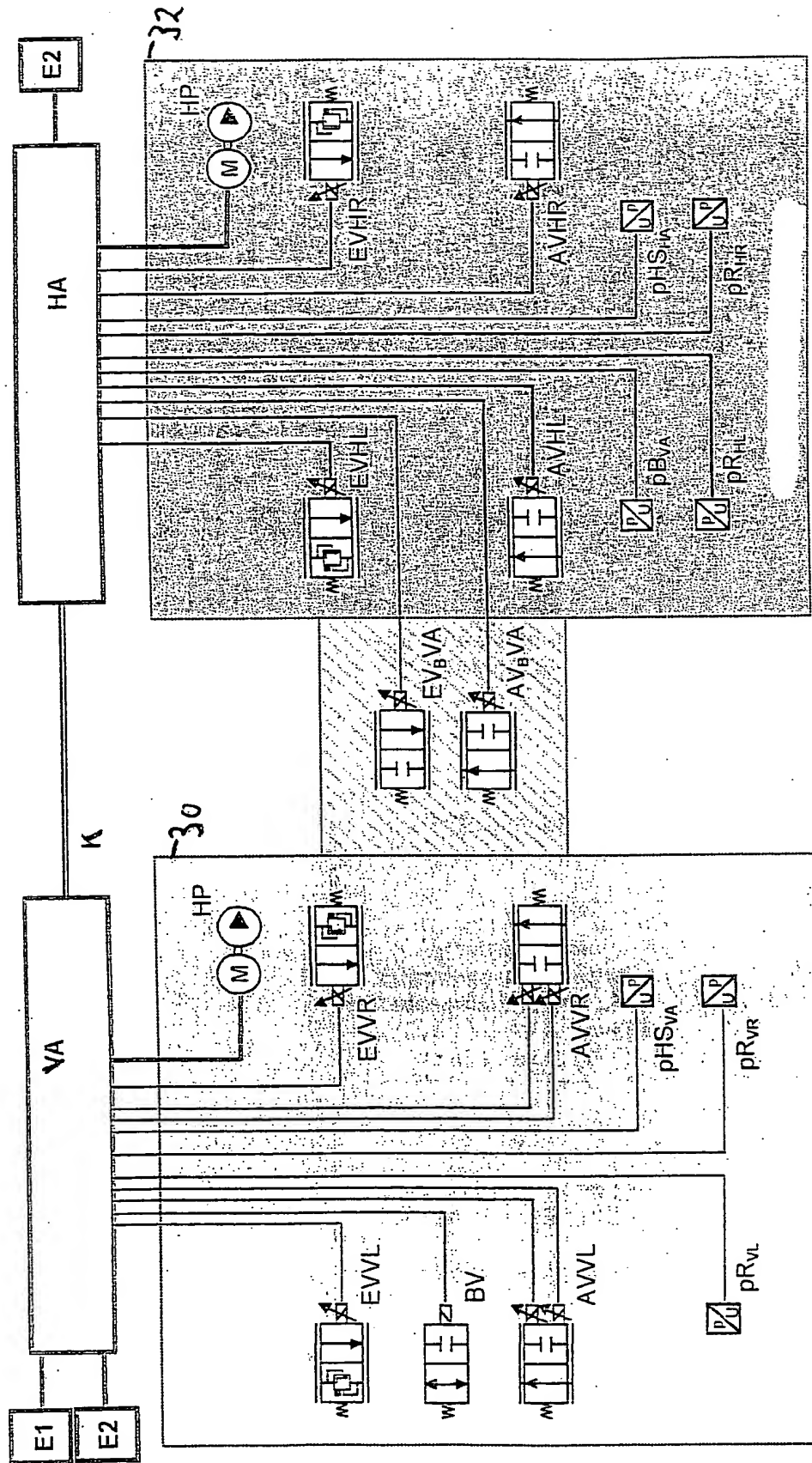
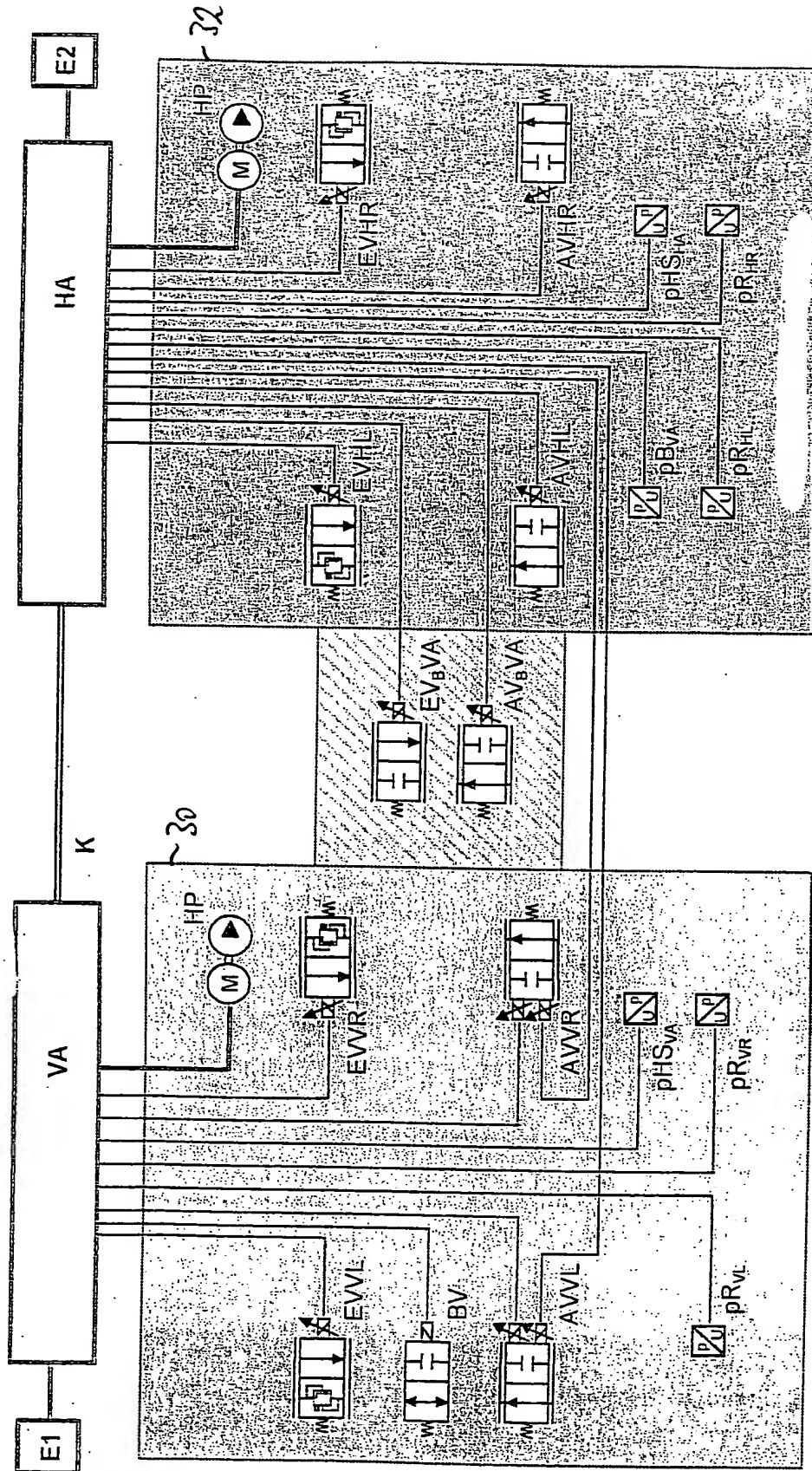


Fig. 6

8113

12.39027

Fig. 7



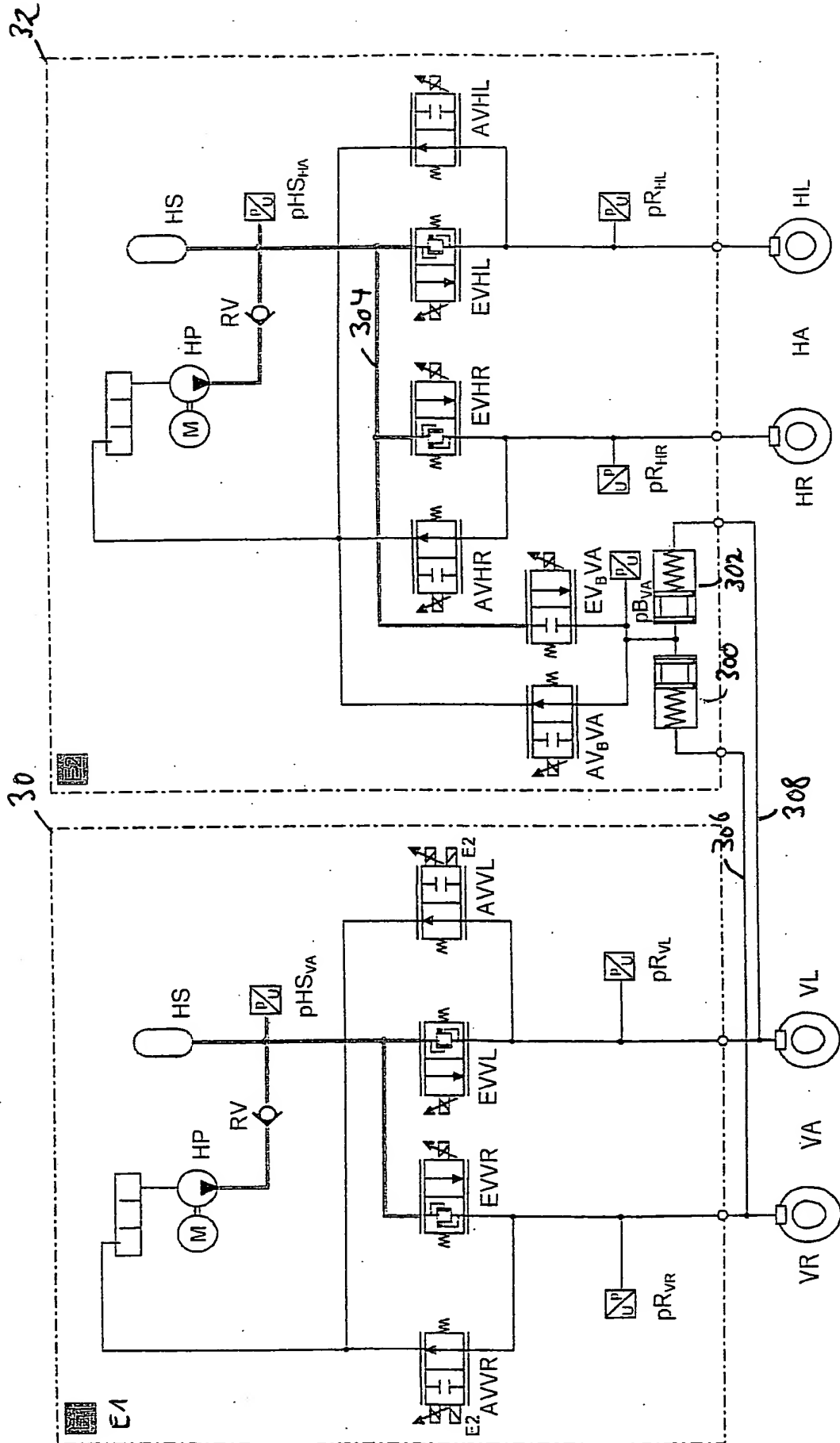


Fig. 8



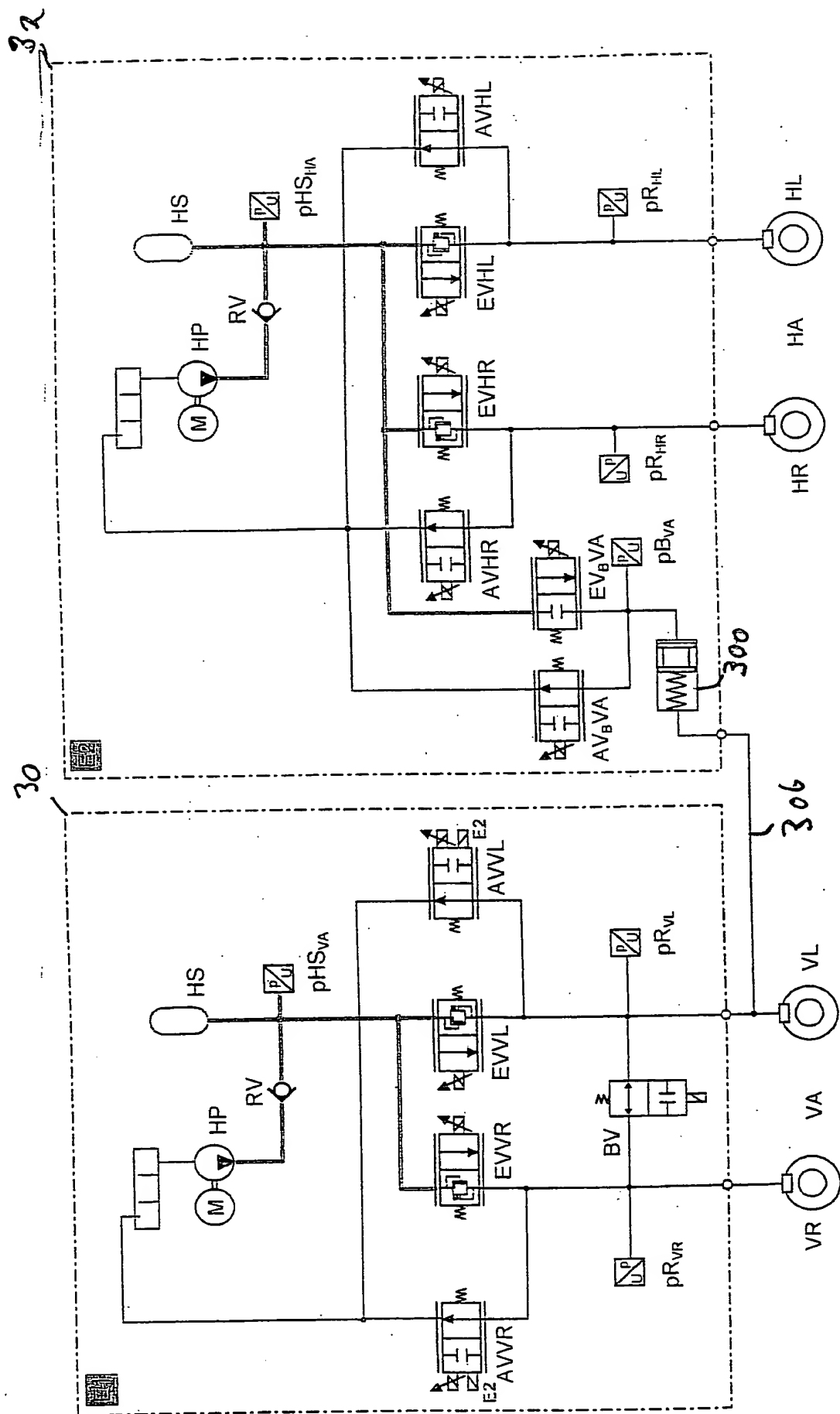
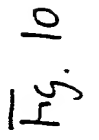
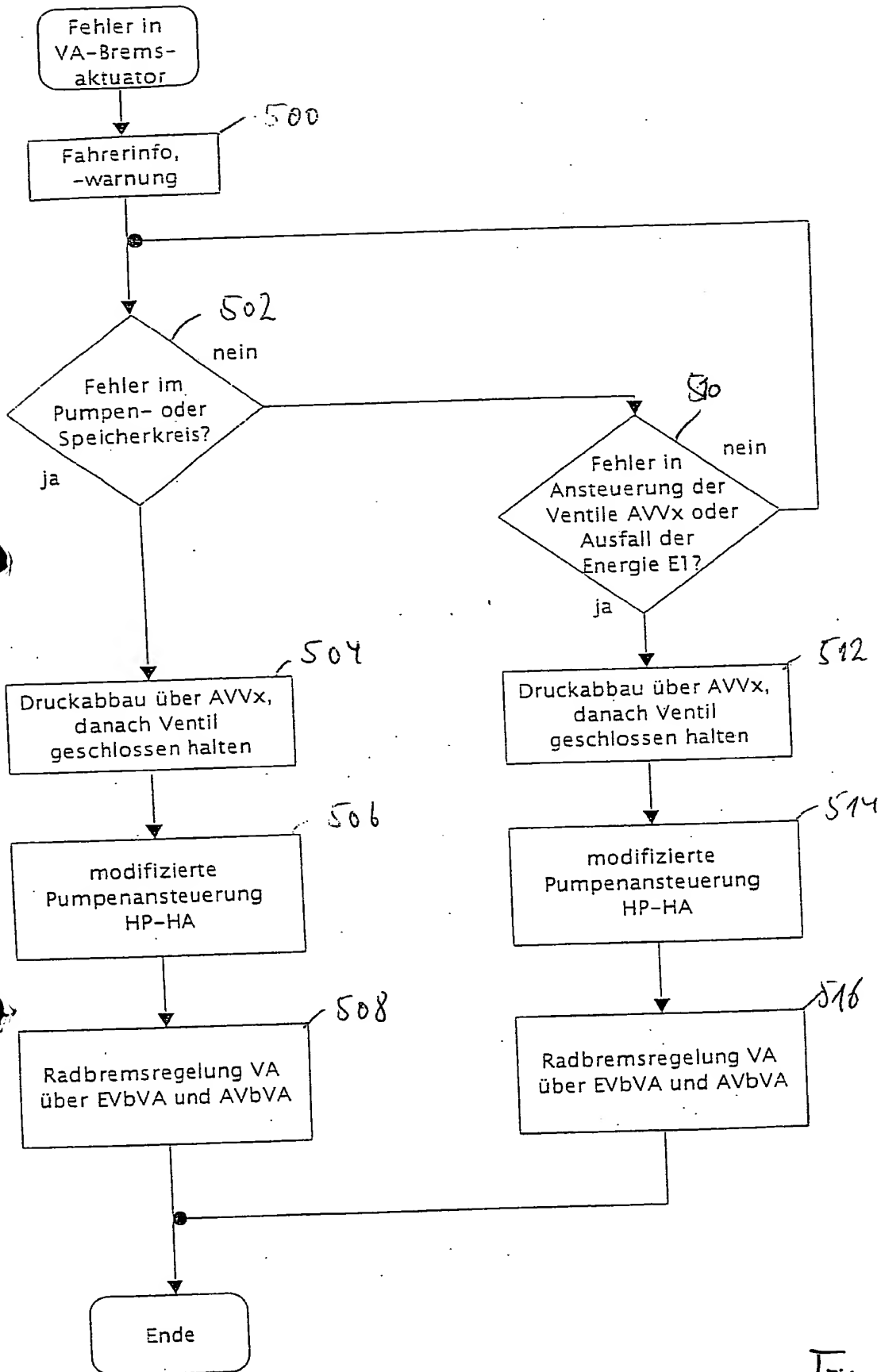
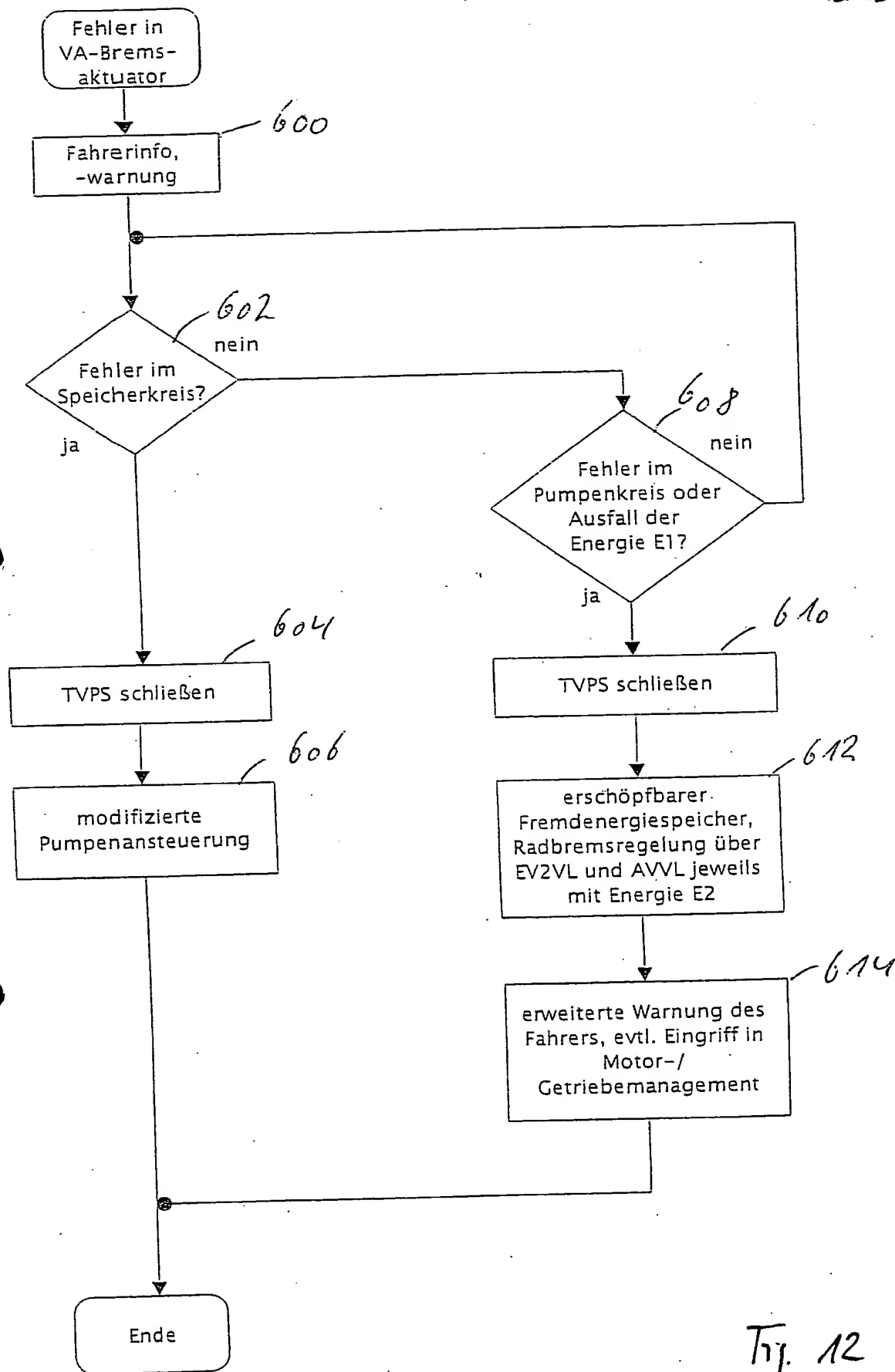


Fig. 9





Tf. 11



Tij. 12